

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



554630

(43) 国際公開日
2004 年 11 月 11 日 (11.11.2004)

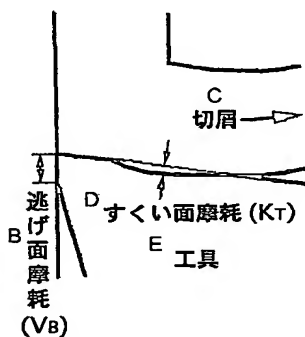
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/096473 A1

- (51) 国際特許分類⁷: B23B 27/14, (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社東京大学TLO (TOUDAI TLO, LTD.) [JP/JP]; 〒1130033 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP).
B23C 5/16, B23B 51/00, C23C 14/48
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/006142
- (22) 国際出願日: 2004 年 4 月 28 日 (28.04.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-123418 2003 年 4 月 28 日 (28.04.2003) JP
- (71) 出願人 (日本についてのみ): 東京都 (TOKYO METROPOLITAN GOVERNMENT) [JP/JP]; 〒1638001 東京都新宿区西新宿二丁目8番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 相澤 龍彦 (AIZAWA, Tatsuhiko) [JP/JP]; 〒2010004 東京都狛江市岩戸北2-5-5 Tokyo (JP). 三尾 淳 (MITSUO, [続葉有])

(54) Title: HIGH-SPEED WORKING TOOL

(54) 発明の名称: 高速加工工具



F 自己潤滑膜なし

A 高速切削域における自己潤滑膜の生成状態

- A...STATE OF GENERATION OF SELF-LUBRICATING FILM
IN HIGH-SPEED CURRING RANGE
- B...WEAR OF FLANK
- C...CHIP
- D...WEAR OF RAKE FACE
- E...TOOL
- F...WITHOUT SELF-LUBRICATING FILM
- G...WORKPIECE ROTATING DIRECTION
- H...FINISHED SURFACE
- I...SELF-LUBRICATING FILM
- J...RAKE FACE OF TOOL
- K...FLANK OF TOOL
- L...WITH SELF-LUBRICATING FILM

(57) Abstract: [PROBLEMS] To provide a high-speed working part with improved wear resistance and lubricity and a dry high-speed working method using the part, particularly a high-speed cutting part and a high-speed cutting method. [MEANS FOR SOLVING PROBLEMS] Halogen element is ion-implanted into the working part using a cemented carbide as a base metal and the working part is brought into contact with a workpiece at a speed of 150 m/min or higher to improve the wear resistance and lubricity of the part. Even when the working part has Ti-containing coating layer, the wear resistance and lubricity can be improved likewise. When a cutting tool including these parts is used, dry cutting at high speeds can be performed without using cutting lubricant. By bringing the working part into contact with the workpiece at the high speed, the part can generate a self-lubricating film on the surface thereof in contact with the workpiece.

(57) 要約: 課題: 耐摩耗性及び潤滑性が改善された高速加工用部品、及び該部品を用いた乾式での高速加工方法を提供する。特に、高速切削部品及び高速切削方法を提供する。

解決手段: 超硬合金を母材とする加工用部品にハロゲン元素をイオン注

入し、被加工材に150m/分以上の速度で接触させることにより、該部品の耐摩耗性及び潤滑性を改善することができる。加工用部品がTi含有コーティング層を有する場合にも、同様に

[続葉有]



Atsushi) [JP/JP]; 〒1158586 東京都北区西が丘三丁目
13番10号 東京都立産業技術研究所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 社本 一夫, 外(SHAMOTO, Ichio et al.); 〒
1000004 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 新大
手町ビル206区 ユアサハラ法律特許事務所 Tokyo
(JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可
能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,
KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

して耐摩耗性や潤滑性を改善することができる。これらの部品を含む切削工具を用いると、切削油なしで高速の乾式切削が可能となる。本発明の加工用部品を被加工材と高速で接触させることにより、該部品が被削材と接触する面に自己潤滑膜を生成することができる。

明細書

高速加工工具

技術分野

本発明は、耐摩耗性、潤滑性、耐欠損性に優れ、高速加工用途に使用できる部
5 品に関する。また、該部品を含む加工工具、その工具を用いた高速加工方法、特
に乾式切削方法にも関する。

背景技術

近年、生産性の向上の観点から加工速度の高速化が望まれており、例えば切
10 削の分野でも高速切削が求められている。高速切削の対象も拡大しており、熱処
理硬化後の熱間鍛造型やダイスカスト型などの高硬度材への適用も求められてい
る。

従来の切削方法では、潤滑作用の促進と刃先冷却を目的として切削油が用いら
れており、高速切削では特に切削油が必要とされてきた。しかし、切削油を使用
15 すると異臭、汚れ、及び油煙の発生等により作業環境の悪化を招き、廃油処理に
伴い環境汚染の問題が生じるだけでなく、工具の腐食が生じることもある。そこ
で、切削油を用いない乾式切削が望まれており、そのためには耐摩耗性、耐欠損
性、潤滑性、及び耐熱性を有する切削工具の開発が必要となる。そして、高速域
でも上記の特性を有することが望ましい。

20 乾式切削のための工具としては、硬質材料に硬度の高い被膜を予め形成させ耐
久性を向上させた工具が報告されている。例えば、Ti-Al-N-C系のコー
ティングを施した高速度工具鋼（特開平11-300518号公報を参照）、TiCN、TiAlN、SiC、及びAl₂O₃といった成分の被覆層を有する超硬
合金（特開2000-336489号公報及び特開2001-293611号公
25 報を参照）が挙げられる。これらの被覆層の形成には、CVDやPVDといった
方法が用いられている。さらに、タングステンカーバイドにC1やSといった元
素をイオン注入して耐摩耗性を向上させる試みも為されている（米国特許第50
38645号明細書を参照）。

しかし、母材に被覆を施す従来の方法では、母材とは異なる材質である被覆層

を成膜する結果、両者の間で剥離が起こりやすい。接着性を高めるため複数の層を形成させる方法も試みられているが、工程が複雑になる。さらに、高硬度の被覆層を形成しても靱性が低く、被切削材によっては欠損が発生して工具寿命が充分ではない場合がある。それに加え、高硬度被覆層で被削体を切削すると切屑が被覆層に付着するため、高速域での切削抵抗が十分に低減されないという問題が生じる。タングステンカーバイドのイオン注入では中速域（例えば、切削速度 91 m/分まで）の条件で耐摩耗性の改善がみられるものの、その性能は被覆工具には及ばない。

10 このような問題のため、現在の鋼の切削加工速度は切削油を用いた場合でも最大で 150 ~ 200 m/min とすることが多く、乾式切削では 100 /min 以下とすることが多い。従って、高速域での乾式切削が困難であるのが実状である。

発明の開示

15 本発明は上記のような事情に鑑みなされたものであり、高速域での耐摩耗性、耐欠損性、潤滑性、切削抵抗、及び耐熱性が改善された加工用部品、特に高速切削工具を提供することを目的とする。さらに本発明の加工用部品を用いた高速加工方法、特に高速での乾式切削方法を提供することを目的とする。

20 本発明者らは鋭意研究の結果、加工用部品の表層にハロゲン元素を添加して被加工材を高速で接触させると、該ハロゲン元素の酸化促進効果に伴って耐摩耗性や潤滑性といった特性が改善されることを見出し、本発明を完成させるに至った。本発明によれば、加工用部品及び被加工材を高速で摩擦させて界面反応を起こし、それにより加工用部品表面を修飾して摩耗特性を改善することができる。従って、修飾表面が摩耗した場合には適宜高速処理を行うことにより、修飾表面を再生することができる。本発明の加工工具を使用すると、その優れた潤滑性により、潤滑油を使用することなく高速加工が可能となる。

25 上記の様な本発明の利点は、Ti 酸化物相及び／又は Ti 含有複合酸化物相（ただし Ti の原子価が 2 価より大きく 4 価未満である）を含む自己潤滑層に起因すると考えられる。そして、該自己潤滑膜が高速域での加工工程においてインプロ

セスで生成及び再生しうる点にも特徴を有する。

即ち本発明の要旨は、硬質材料を母材とし、母材表面から $1\text{ }\mu\text{m}$ 以内において、フッ素、塩素、臭素、及びヨウ素からなる群より選択される少なくとも1種の元素の濃度が $0.2\text{mol}\%$ から $10\text{mol}\%$ の範囲にある高速加工用部品に存する。母材の外側にTiとC及び／又はNとを含むコーティング層を有する場合には、コーティング層の表面から $1\text{ }\mu\text{m}$ 以内において、フッ素、塩素、臭素、及びヨウ素からなる群より選択される少なくとも1種の元素の濃度が $0.2\text{mol}\%$ から $10\text{mol}\%$ の範囲にある高速加工用部品にも存する。フッ素、塩素、臭素、及びヨウ素からなる群より選択される少なくとも1種の元素は、イオン注入により添加できる。本発明の加工用部品を被加工材に対して $150\text{m}/\text{分}$ 以上の速度で接触させ、高速加工用部品を製造することができる。

さらに本発明の要旨は、被加工材に対して $150\text{m}/\text{分}$ 以上の速度で接触させる処理を行った上記の高速加工用部品にも存する。

また本発明の要旨は、被加工材と接する面に自己潤滑膜をさらに有する上記の高速加工用部品にも存する。自己潤滑膜は、被加工材に対して $150\text{m}/\text{分}$ 以上の速度で接触させることにより生成する。自己潤滑膜の生成に用いる被加工材として、表層にTiを含有する材が挙げられる。自己潤滑膜はTi酸化物及び／又はTi含有複合酸化物を含有し、該酸化物及び／又は複合酸化物におけるTiの平均原子価が2価より大きく4価未満であり、自己潤滑膜中のTiの量を TiO_2 に換算した場合、（換算 TiO_2 重量／自己潤滑膜の重量）で表される重量比が5%以上である。

本発明の要旨は、上記の加工用部品を用いた高速加工方法にも存する。また、上記の加工用部品を含む高速切削工具にも存する。本発明の高速切削工具では、切り込み深さ 1.0mm 、送り $0.1\text{mm}/\text{rev}$ 、切削速度 $400\text{m}/\text{min}$ 、及び切削距離 500m の条件で切削を行った後の工具逃げ面の摩耗幅 V_B を $70\text{ }\mu\text{m}$ 以下にすることができる。また、切削油を用いずに切削速度 $150\text{m}/\text{分}$ 以上で切削することができる。

図面の簡単な説明

図1は、切削工程のモデル図を示す。

図2は、イオン注入P10工具、TiNコーティングP10工具、及び未処理のP30工具について、切削抵抗合力の切削速度依存性を示す。

図3は、イオン注入P10工具、TiNコーティングP10工具、及び未処理のP30工具について、送り分力の切削速度依存性を示す。

図4は、イオン注入P10工具について、摩擦係数の切削速度依存性を示す。

図5は、イオン注入P10工具の摩耗試験の結果を示す。

図6は、Ti脱酸鋼の切削に使用したイオン注入P10工具の断面観察の結果を示す。

10 図7は、Ti脱酸鋼の切削に使用したイオン注入P10工具の断面についてXMAにより元素分析を行った結果を示す。

図8は、切削後のTiNコーティング工具（上段）及びイオン注入TiNコーティング工具（下段）の表面について測定したXPSの結果を示す。

図9は、切削後のイオン注入TiNコーティング工具表層について4カ所で行った視野制限電子回折の結果を示す。

図10は、イオン注入を行ったTiCNコーティング工具及びイオン注入を行わなかったTiCNコーティング工具について行った切削試験の結果を示す。

図11は、イオン注入を行ったTiCNコーティング工具を用いて切削した後の工具逃げ面摩耗幅を示す。切削速度を500m/min、切削距離を500m又は1000mとした。

図12は図11の条件で切削した後の逃げ面摩耗状態を観察した断面図である。

図13は、イオン注入を行ったTiCNコーティング工具についてTi脱酸鋼を被削材として行った切削試験後、逃げ面と工具断面（挿入図）を観察した結果を示す。逃げ面の観察はレーザー顕微鏡により、工具断面の観察は光学顕微鏡により行った。挿入図の上図は縦26mm x 横60mmの領域に対応し、下図は縦80μm x 横100μmに対応する。

図14は、イオン注入を行わなかったTiCNコーティング工具についてAl脱酸鋼を被削材として行った切削試験後、逃げ面と工具断面（挿入図）を観察した結果を示す。逃げ面の観察はレーザー顕微鏡により、工具断面の観察は光学顕

微鏡により行った。挿入図の上図は縦26mm×横60mmの領域に対応し、下図は縦80μm×横100μmに対応する。

詳細な説明

5 以下、本発明を詳細に説明する。

本発明の高速加工用部品の母材は、被加工材の材質や加工形状に応じて適宜選択することができ、硬質材料が好ましい。硬質材料はJIS B 4053に規定される超硬質工具材料、セラミックス、及び超高圧焼結体を含み、熔融法によって作られる金属材料よりも硬い焼結材料を指す。例えば、合金工具鋼、炭素工具鋼、高速度工具鋼、粉末高速度工具鋼、超硬合金、サーメット、セラミックス、鍛造用型鋼、熱間ダイス鋼、冷間ダイス鋼、軸受鋼、ステンレス鋼、耐熱鋼、アルミニウム及びその合金、チタン及びその合金、モリブデン及びその合金、タングステン及びその合金を使用することができる。

母材にはコーティングを行ってもよいし、行わなくてもよい。コーティング層15の材料としては、TiとC及び／又はNとを含む材料といった高硬度材料が好ましい。例えば、TiC、TiN、TiCN、及びTiAlCNなどが挙げられる。上記の材料において、Tiの一部が他の金属元素で置換されてもよい。また、複数のコーティング層を積層してもよい。

母材にコーティングを行わない場合、該母材表面から10μm以内、好ましくは5μm以内、さらに好ましくは1μm以内の表層において、フッ素、塩素、臭素、及びヨウ素からなる群より選択される少なくとも1種の元素が添加される。母材にコーティングを行う場合には、該コーティング層の表面から10μm以内、好ましくは5μm以内、さらに好ましくは1μm以内の表層において、フッ素、塩素、臭素、及びヨウ素からなる群より選択される少なくとも1種の元素が添加25される。上記元素がコーティング層だけでなく母材に及んでもよい。上記元素の存在する領域が薄すぎると耐久性が悪くなり、厚すぎると元素の注入工程が煩雑となる。

フッ素、塩素、臭素、及びヨウ素の濃度は0.2mol%以上、好ましくは0.5mol%以上、さらに好ましくは1mol%以上であり、20mol%以下、

好ましくは10mol%以下、さらに好ましくは8mol%以下である。濃度が低すぎると潤滑性が改善され難くなり、高すぎると母材及び／又はコーティング層の結晶構造に損傷を与えることがある。ここで $x\mu\text{m}$ 以内での該元素の濃度とは、XPSにより元素濃度の深さ方向の分布を測定し、元素濃度を深さに対して
5 プロットした場合の、深さ0－ $x\mu\text{m}$ の範囲における最大元素濃度をいう。

フッ素、塩素、臭素、及びヨウ素の添加方法としては、イオン注入法が挙げられる。イオン注入にあたり各種公知の装置及び条件を使用することができ、イオン注入の表面濃度及びエネルギーは、上記の表層濃度を充たすよう母材及び／又はコーティング層に依存して選択することができる。例えば、表面濃度は
10 $1 \times 10^{15} \text{ ions/cm}^2$ 以上、好ましくは $1 \times 10^{16} \text{ ions/cm}^2$ 以上であり、 $1 \times 10^{18} \text{ ions/cm}^2$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{17} \text{ ions/cm}^2$ 以下である。加速エネルギーは20keV以上、好ましくは30keV以上、500keV以下、好ましくは200keV以下にすることができる。

上記以外の元素であっても、加工工程で酸化剤として寄与しうる状態で加工用
15 部品の表層に含有される元素であれば、上記元素に代えて又は上記元素と併せて使用することができる。

母材には、さらにTiが含有されてもよい。Tiの形態として特に制限はないが、例えば炭化チタン、金属Ti、酸化チタン、窒化チタンが挙げられる。これらのTi化合物は少なくとも母材表層に存在すればよく、母材の特性に影響が生
20 じなければTi濃度に特に制限はない。例えば母材が超硬合金である場合、0.2mol%以上、好ましくは1.0mol%以上であり、30mol%以下、好ましくは15mol%以下にすることができる。

本発明の加工用部品がTi含有コーティング層を有しない場合には、母材がTiを含有することが好ましく、母材表面から20 μm 、好ましくは10 μm 、さら
25 らに好ましくは1 μm の表層において、Tiを上記の濃度で存在させることができる。Ti濃度が低すぎると耐摩耗性、潤滑性、耐欠損性等の特性の改善が充分でないことがあり、Ti濃度が高すぎると母材の硬度や強度といった特性が損なわれることがある。ただし、Tiを含有する被加工材を使用するといった方法で外部からTiを供給してもよい。ここで表面から $y\mu\text{m}$ の表層におけるTi濃度

とは、表面から $y \mu\text{m}$ 以内の領域における平均 Ti 濃度をいう。

加工用部品がコーティング層を有する場合、部品表面から $20 \mu\text{m}$ 、好ましくは $10 \mu\text{m}$ 、さらに好ましくは $1 \mu\text{m}$ の表層において、 Ti 濃度が $0.2\text{mol}\%$ 以上、好ましくは $1.0\text{mol}\%$ 以上であり、 $80\text{mol}\%$ 以下、好ましくは $60\text{mol}\%$ 以下、より好ましくは $30\text{mol}\%$ 以下、さらに好ましくは $15\text{mol}\%$ 以下である。 Ti が上記濃度で存在する領域が Ti 含有コーティング層であってもよい。

該フッ素、塩素、臭素、及びヨウ素からなる群より選択される 1 種以上の元素を添加した加工用部品を高速で被加工材と接触させる表面処理により、耐摩耗性、耐欠損性、潤滑性、及び耐熱性等の特性を改善することができる。ここで高速とは、加工用部品と被加工材との相対速度が $150\text{m}/\text{分}$ 以上、好ましくは $200\text{m}/\text{分}$ 以上、さらに好ましくは $250\text{m}/\text{分}$ 以上であることをいう。相対速度に上限はないが、 $1000\text{m}/\text{分}$ 以下である場合には、加工用部品の耐久性を保持しやすい。この高速での表面処理は、潤滑油なしで行うことができる。

加工用部品が Ti 含有コーティング層を有さず、母材が Ti を実質的に含まず、かつ Ti を含有しない被加工材に使用する場合には、加工用部品を Ti 含有被加工材と予め高速接触させて（以下、この処理を「予備高速処理」と表記する）潤滑性を向上させておくことが好ましい。母材が Ti を含有している場合には、予備高速処理をしなくても加工プロセス中に潤滑性を向上させることができる。ただし予備高速処理を行うことにより、使用開始直後から優れた特性が得られるだけでなく、潤滑性等の特性を最適化することができる。

加工用部品が Ti 含有コーティング層を有する場合、予備高速処理なしで加工プロセス中に潤滑性の向上を図ることができる。ただし予備高速処理を行うことにより、使用開始直後から優れた特性が得られるだけでなく、潤滑性等の特性を最適化することができる。

被加工材に特に制限はないが、 Ti 脱酸鋼といった Ti 含有材料である場合には潤滑性の向上において有利である。特に被加工材の表層に Ti が存在すると、予備高速処理における潤滑性の付与及び加工プロセスにおける潤滑性の保持において有利である。

加工用部品に潤滑性を付与した後、被加工材との接触面が摩耗して潤滑性が低下した場合には、再度Ti含有被加工材と高速接触させて潤滑性を付与することもできる。界面反応にTiを供給するという観点からは、該Ti含有被加工材が少なくとも表層にTiを含有することが好ましい。

- 5 上記の処理によって耐摩耗性や潤滑性が改善される理由は必ずしも明らかではないが、加工用部品が被加工材と接触する面に形成される自己潤滑膜が寄与しているとも考えられる。ここで自己潤滑膜とは、加工用途に供する前に外部から付着させた被覆層（例えばTi含有コーティング層）ではなく、加工用部品自体に由来した反応により生成する潤滑膜を指す。加工用部品がコーティング層を有する場合には、そのコーティング層の上に自己潤滑膜が形成され、コーティング層を有さない場合には、母材上に自己潤滑膜が形成される。
- 10

- この様な過程で生成される潤滑膜は、従来の被覆層と異なり、摩耗が生じても随時再形成されて安定な性能を示すという利点がある。さらにコーティング層を形成する工程を省略することができ、保護層と母材との接着性も強化することができる。また、該自己潤滑膜は、被削材が加工用部品の表面に堆積することを抑制できる。
- 15

該自己潤滑膜の厚みには、本発明の効果を奏すれば特に制限はないが、例えば0.05 μm 以上10 μm 以下である。

- 該自己潤滑膜の成分としては、耐摩耗性、潤滑性等を付与する成分であれば特に制限はないが、負荷する面圧に応じて剪断変形可能である場合には、潤滑性が向上できるため好ましい。そのような成分としては、例えば TiO_x ($1 < x < 2$) で表されるTi酸化物、各種のMo酸化物、W酸化物、及びNb酸化物が挙げられる。Ti酸化物相としては、 $\text{Ti}_n\text{O}_{2n-1}$ (n : 整数) で表されるMagneli相が挙げられる。また、Ti、Mo、W、及びNbからなる群より選択される1種以上の元素を含有する複合酸化物も挙げられる。複合酸化物の場合、Si及び/又はMnが含まれてもよく、例えば MnTiO_3 であってもよい。自己潤滑膜が上記の相の1種類のみを含有してもよく、複数の種類を含有してもよい。
- 20
- 25

自己潤滑膜のTiは本発明の加工用部品から供給されてもよく、被削材から供給されてもよい。加工用部品がコーティング層を有する場合、Tiはコーティン

グ層から供給でき、加工用部品がコーティング層を有さない場合、Tiは母材から供給できる。

- 5 Ti酸化物及び／又はTi複合酸化物が自己潤滑膜中に含有される場合、Tiの平均原子価は2価より大きく4価未満でありうる。加工用部品がTi含有コーティング層を有さない場合には、自己潤滑膜中のTiの量をTiO₂に換算した重量（以下、換算TiO₂重量とする）が自己潤滑膜中に占める割合：

$$\text{換算TiO}_2\text{重量} / \text{自己潤滑膜の重量} \times 100 \quad (\%)$$

- を5%以上、好ましくは10%以上にすることができる。Ti含有コーティング層を有する場合には、換算TiO₂重量の割合を10%以上、好ましくは20%
10 以上、さらに好ましくは40%以上とすることができる。換算TiO₂重量の上限に特に制限はなく、自己潤滑膜がTi化合物のみで構成されてもよい。ただし、被削材に由来する成分の混入等により、換算TiO₂重量の割合は90%以下、例えば80%以下となることが多い。

- 本明細書で、自己潤滑膜の重量は実施例3の通り求めた値を用いる。つまり、
15 XPSでW, Si, Mn, Al, 及びTiについて測定を行い、それぞれWC、SiO₂、MnO、Al₂O₃、及びTiO₂として存在すると仮定してそれらの重量の総和を求め、その値を自己潤滑膜の重量とする。換算TiO₂重量とは、全てのTiがTiO₂として存在すると仮定した場合のTiO₂の重量を指す。

- 高速で摩擦させることにより自己潤滑膜が生成する機構は必ずしも明確ではないが、例えば母材表層に高圧力の負荷が印加された環境下では、母材中のハロゲン元素が1価の負イオンに還元されるのに伴いTiを酸化し、上記のTi中間酸
20 化物層が形成されているとも考えられる。

- 本発明において高速加工とは、加工部品と被加工材との相対速度が150m/分以上、好ましくは200m/分以上、さらに好ましくは250m/分以上での
25 加工を指す。本発明の加工部品を使用すれば、潤滑油を使用せずに乾式加工（例えば、乾式切削）を行うことができる。

本発明の高速加工用部品は、被加工材と高速で接触して摩擦を生じる部位であれば何れの器具にも使用することができる。例えば、ドリル、フライス、シェービングカッタ、ホブ、エンドミルといった切削工具、熱間鍛造型及び冷間鍛造型

といった各種の金型、及び摺動部品に使用することができる。切削工具に使用した場合、耐久性を改善して長寿命にすることができ、加工精度の向上も図ることができる。

- 5 本発明の切削工具では、工具逃げ面上に自己潤滑膜が形成されるため、摩耗が抑制される。切削工具の交換又は再研削は工具の逃げ面摩耗幅 V_B が200～300 μm に達した時点で行われるのが通例であり、 V_B は摩耗の程度を示す良い指標となる。本発明の切削工具では、切り込み深さ1.0mm、送り0.1mm/rev、切削速度400m/min、及び切削距離500mの条件で乾式切削を行った場合の摩耗幅を70 μm 以下、好ましくは60 μm 以下にすることができる。また、切削速度 $V\text{m/min}$ 及び切削距離500mの条件で乾式切削を行った後の摩耗幅 $V_B\mu\text{m}$ について、本発明の工具では

$$V_B \leq V_{B0} + 0.06375 \cdot V$$

(ただし V は100m/min以上500m/min以下であり、 V_{B0} は30 μm である)

- 15 の条件を充足しうる。この様に、高い切削速度 V でも摩耗幅 V_B が抑制されているため、切削工具を長寿命化することができる。なお、上記の摩耗幅の測定のための乾式切削条件は実施例1及び5に記載の通りである。

実施例

- 20 以下実施例により、本発明をより詳細に説明するが、本発明が以下の実施例によって限定されるものではない。

<被削材>

- 25 実施例で使用した被削材はA1脱酸鋼及びTi脱酸鋼である。これらの鋼は、100kg高周波誘導炉によってS45C組成の鋼を溶製し、50kg鋼塊に分注の際にTi及びA1で脱酸処理し、鋼塊を熱間圧延によって $\phi 75\text{mm}$ とし、焼きならし処理をすることによって作成した。その化学組成は表1の通りである。脱酸処理にTiを用いると、鋼材中のTi濃度が高くなることわかる。

表1 被削材の化学分析値 (mass%)

鋼種名	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	S-Al	T-N	Ti	O
Ti脱酸鋼	0.44	0.34	0.80	0.002	0.001	<.01	<.01	<.01	<.01	<.002	0.0009	0.0100	0.0011
Al脱酸鋼	0.45	0.35	0.80	0.003	<.001	<.01	<.01	<.01	<.01	0.021	0.0006	0.0005	0.0006

<切削工具の作成>

未処理のP10種相当品工具（組成：WC-TiC (TaC) 30%-Co 10%、住友電工社製、形状：TNUN331（三角型チップ）、型番：ST10 P）、TiNコーティングを行ったP10種相当品工具（P10種相当品工具にTiCN-Al₂O₃-TiNの順で多層コーティングを行ったもの、三菱マテリアル社製、形状：P10工具と同等、型番：UE6005）、及びTiCNコーティングを行ったP10種相当品工具（P10種相当品工具品にTiC及びTiNの超薄膜を交互に蒸着したもの、住友電工社製、形状：TNUN331、型番：K29J）に塩素を用いてイオン注入を行った。イオン注入の条件は、何れも100keV及び 1×10^{17} ion/cm²とした。イオン注入は、すくい面のみに行った。XPSで測定した最大塩素濃度は5mol%であった。

コーティングを行っていないP10種相当品工具のTi濃度は23mol%であり、コーティングを行った工具の表面Ti濃度は50mol%であった。なお、コーティング膜厚は1-5μmであった。

<実施例1> 非コーティング工具の切削抵抗試験

イオン注入を行ったP10工具及びイオン注入を行わずTiNコーティングを行ったP10工具について、低速から高速域での乾式切削試験を行い切削抵抗を測定した。比較のため、幅広い切削用途に用いられるP30工具（イオン注入や被覆処理をしていない未処理品、組成 WC-TiC (TaC) 8%-Co 10%、三菱マテリアル社製、形状：P10工具と同等、型番：UT20T）についても併せて試験を行った。切削条件は、以下の通りであった。

切り込み深さ Dc : 1.0 mm

送り $f : 0.1 \text{ mm/rev}$

被削材 表1のA1脱酸鋼及びTi脱酸鋼

切削速度 同一の工具で10m/分から300m/分まで増加

切削時に工具に加わる力や自己潤滑膜の生成について、図1に示す。

- 5 図2に、切削抵抗合力(R)の切削速度依存性を示す。何れの工具も中速域(40~100m/min)に極大値を有し、高速になるにつれて減少するが、イオン注入工具は高速域で特徴的な挙動を示した。

まず20から50m/minでは、イオン注入工具の方がTiNコーティング工具と比較して切削抵抗合力が大きく、しかも速度の増加に伴う抵抗合力の上昇の割合も大きいことがわかる。しかし切削速度をさらに上げると、イオン注入工具の方が低いRを示した。つまり中速域の結果とは異なり、高速域ではイオン注入工具の方が高い潤滑性が得られることがわかる。例えば300m/minにおけるイオン注入工具でのRの値は、TiNコーティング工具の値から12%減少した。

- 15 P30種相当工具と本発明の工具を比較すると、中速域でも有利な効果が得られる。切削速度50m/min以上では、P30種工具と比較して本発明の工具ではRが約20%低下した。

同様の現象は、送り分力(F_s ; 図3)でも観測された。切削速度300m/minにおいて、本発明の工具では、TiNコーティング工具と比較して F_s を10~15%削減することができた。P30種相当工具と比較しても、切削速度50m/min以上で F_s を約25%削減することができた。この様に、本発明により、コーティングを行わなくても母材にイオン注入を行うことにより、加工力を大きく減じることができる。

- 25 さらに、主分力(F_c)及び送り分力(F_s)から幾何学的に算出される工具一切屑接触面の摩擦係数(μ ; 図4)でも、高速域でイオン注入工具が優れた特性を示した。例えば300m/minにおける摩擦係数について、イオン注入工具の値がTiNコーティング工具と比較して10%減少し、耐摩耗性に優れていることを示している。P30種相当工具と比較しても、切削速度50m/min以上において摩擦係数が約10%減少した。この様に、本発明により、工具一切削

接触面の摩擦係数も低減することができる。

- 5 イオン注入工具の切削試験では、Ti濃度の異なる2種類の被削材（Ti脱酸鋼及びAl脱酸鋼）を用いたが、Ti含有量が多い被削材（Ti脱酸鋼）の方が高い性能が得られた。この結果は、被削材にTiが存在すると本発明の切削工具の潤滑性がさらに向上することを示している。

<実施例2> イオン注入を行った非コーティング工具の摩耗特性

P10イオン注入工具について乾式切削による摩耗試験を行った。試験の条件は下記の通りである。

- 10 切削速度 V : 50 ~ 250 m/分
 切削距離 500 m
 （切削時間は切削速度に依存し、例えばV = 50 m/minでは10分、250 m/minでは2分となる）

被削材：上記のAl脱酸鋼及びTi脱酸鋼

その他の条件は実施例1と同様にした。

- 15 試験後の工具すくい面摩耗深さ（ k_T ）と逃げ面摩耗幅（ V_B ）を測定し、摩耗を評価した（図5）。図5に示す通り、Ti脱酸鋼を被削材とした方が k_T 及び V_B が小さく、摩耗特性が改善されることがわかる。

<実施例3> イオン注入を行った非コーティング工具の自己潤滑膜の分析

- 20 実施例1と同様の切削に用いたイオン注入P10工具について、生成した自己潤滑膜を光学顕微鏡により観察した（図6）。その結果、被削材との接触面に膜が形成されていることが観察された。

該膜組成をXAMにより測定した（図7）。図7に示すように、被削材との接触面近傍にTi-Mn-Si複合酸化物が生成していることがわかる。

- 25 なお図7では、該膜領域でW、Si、Mn、Al、及びTiについて測定を行い、それぞれWC、 SiO_2 、MnO、 Al_2O_3 、及び TiO_2 として存在すると仮定して重量を計算し、その総和を100%とした。そして、上記のように仮定した各化合物について求めた重量%の値を、図7中に各元素について表記した。例えばTiについて、

$$TiO_2 / (WC + SiO_2 + MnO + Al_2O_3 + TiO_2) \times 100 \quad (\%)$$

で表される重量比を表記した。ただし、W、Si、Mn、Al、及びTiは、実際にはWC、SiO₂、MnO、Al₂O₃、及びTiO₂と異なる形態で存在する。図7中における(aSiO₂-bMnO-cTiO₂)という表記は、Si/Mn/Tiのモル比が概略a/b/cであることを示す。

5 <実施例4> イオン注入TiNコーティング工具の自己潤滑膜分析

イオン注入TiNコーティング工具を用いて実施例1と同様にして切削を行った後、自己潤滑膜についてXPSにより元素分析を行い(図8)、結晶構造を制限視野電子回折(SAED)により調べた(図9)。図8には、イオン注入を行わなかったTiNコーティング工具の結果も比較のため示した。図9の上段及び
10 下段のスペクトルは同一の分析装置及び条件で測定しており、両者でピークの絶対強度を比較することができる。Tiに由来するピークの強度を比較すると、イオン注入を行った工具では、行わなかった工具と比較して表面のTi濃度が高いことがわかる。イオン注入を行わなかった工具ではFe由来の強いピークが観測され、表層に被削材が堆積していることを示唆している。それに対し、本発明の
15 イオン注入工具ではTiのピークが強く観測され、被削材の堆積が抑制されると共にTi含有自己潤滑膜が形成されることを示唆している。

図8にはTiO₂とTiNのピークのみ帰属を示したが、Ti原子価が2価より大きく4価未満であるTi酸化物及び/又は複合酸化物相のTiのピークは、TiO₂のピークより低束縛エネルギー側のショルダーになっていると推測される。そして、これらのTi酸化物相が存在することは図9の電子回折より裏付け
20 られる。

図9中には、回折パターンから同定した相も表記した。Tiの原子価が2価より大きく4価未満であるTi酸化物相(Magneli相を含む)が形成されることがわかる。図9の結果は、Ti酸化物相を含む自己潤滑膜が生成していることを示
25 している。

<実施例5> イオン注入を行ったTiCNコーティング工具の切削試験

イオン注入したTiCNコーティングP10工具について、切り込み深さ(Dc)1.0mm、送り(f)0.1mm/rev、切削距離500mの条件で切削を行い、摩耗特性を調べた(図10)。被削材としては、前述のAl脱酸鋼及

びTi脱酸鋼を用いた。比較のため、イオン注入を行わなかったTiCNコーティング工具についても試験を行った。

イオン注入を行わなかった場合、切削速度が300m/minを超えると摩耗幅 V_B が急増し、500m/minでは切削が困難となった。それに対し本発明
5 のイオン注入工具では、切削速度が500m/minでも切削が可能であり、摩耗が抑制されていることがわかる。特に被削材がTi脱酸鋼である場合には、切削速度が300m/min以上でも摩耗幅の増加が緩慢であり、高速域である切削速度500m/minで500m切削後の V_B が57 μ mに留まっている。工具の交換を $V_B=200\mu$ mで行うとしても、1700m以上の切削を行うこと
10 ができると予想される。

切削速度500m/minにおける工具摩耗幅 V_B と切削距離との関係を図11に示す。被削材がAl脱酸鋼である場合、 V_B は切削距離の増加にほぼ比例して増加した。それに対しTi脱酸鋼では、切削距離が500mを超えると V_B の増加が鈍化することがわかる。切削距離500m～1000mの間の V_B 増加量
15 について比較すると、Ti脱酸鋼での値はAl脱酸鋼での値の1/6にすぎない。

このような差異が生じる原因としては、工具逃げ面に形成する自己潤滑膜の性質の違いが挙げられる。自己潤滑膜は、図12中にBeilagと表記した領域に該当する。被削材としてTi脱酸鋼といったTi含有材を使用すると、Ti含有酸化物相を含む自己潤滑膜が形成され、切削仕上げ面の擦過から工具逃げ面を有効
20 に保護していると推測される。

実施例5の切削試験に使用した工具について、逃げ面の表面をレーザー顕微鏡で観察し、工具断面を光学顕微鏡で観察した。

図13は、イオン注入したTiCNコーティングP10工具について、Ti脱酸鋼を被削材とし切削距離を500mとする条件で上記試験を行った後、レーザー顕微鏡（走査型レーザー顕微鏡、レーザーテック社製、1LM21W）及び光学顕微鏡で観察した結果を示す。逃げ面の表面に生じている斜面が、切削中に生成した自己潤滑膜を反映する。断面図で観察される濃い領域が、自己潤滑膜に対応すると考えられる。
25

図14は、イオン注入を行わなかったTiCNコーティングP10工具につい

て、A 1 脱酸鋼を被削材とし切削距離を 5 0 0 m とする条件で上記試験を行った後、レーザー顕微鏡及び光学顕微鏡で観察した結果を示す。図 1 4 では、図 1 3 と異なり、明瞭な自己潤滑膜の生成が認められない。これらの結果は、ハロゲン
5 5 をイオン注入し、T i を含有する被削材を用いることによって、自己潤滑膜の生成が促進されることを示唆する。

産業上の利用可能性

10 本発明によれば、硬質材料である母材及び／又はT i 含有コーティング層にハロゲン元素をイオン注入し、さらに被加工材に高速で接触させることにより、耐摩耗性及び潤滑性に優れた高速加工用部品を得ることができる。該部品を用いた切削工具により、乾式の高速度切削を行うことができる。

請求の範囲

1. 硬質材料を母材とし、母材表面から $1\ \mu\text{m}$ 以内において、フッ素、塩素、臭素、ヨウ素からなる群より選択される少なくとも1種の元素の濃度が $0.2\text{mol}\%$ から $10\text{mol}\%$ の範囲にある高速加工用部品。
- 5 2. 硬質材料を母材とし、母材の外側にTiとC及び／又はNとを含むコーティング層を有し、コーティング層の表面から $1\ \mu\text{m}$ 以内において、フッ素、塩素、臭素、及びヨウ素からなる群より選択される少なくとも1種の元素の濃度が $0.2\text{mol}\%$ から $10\text{mol}\%$ の範囲にある高速加工用部品。
3. コーティング層がTiC、TiN、TiCN、及びTiAlCNからなる
- 10 群より選択される1種以上を含有する請求項2に記載の部品。
4. フッ素、塩素、臭素、及びヨウ素からなる群より選択される少なくとも1種の元素がイオン注入により添加された請求項1-3の何れかの部品。
5. 加工用部品表面から $1\ \mu\text{m}$ 以内において、Tiの濃度が $0.2\text{mol}\%$ から $80\text{mol}\%$ の範囲にある請求項1-4の何れかの部品。
- 15 6. 母材が超硬合金である請求項1-5の何れかに記載の部品。
7. 請求項1-6の何れかに記載の部品を被加工材に対して $150\text{m}/\text{分}$ 以上の速度で接触させることにより製造した高速加工用部品。
8. 被加工材と接する面に自己潤滑膜をさらに有する請求項1-6の何れかに記載の部品。
- 20 9. 自己潤滑膜が被加工材に対して $150\text{m}/\text{分}$ 以上の速度で接触させることにより生成した膜である請求項8に記載の部品。
10. 自己潤滑膜の生成に用いる被加工材が表層にTiを含有する請求項9に記載の部品。
11. 自己潤滑膜がTi酸化物及び／又はTi含有複合酸化物を含有し；該酸
- 25 化物及び／又は複合酸化物におけるTiの平均原子価が2価より大きく4価未満であり；自己潤滑膜中のTiの量をTiO₂に換算した場合、（換算TiO₂重量／自己潤滑膜の重量）で表される重量比が5%以上である請求項8-10の何れかに記載の部品。
12. 請求項1-11の何れかに記載の部品を物品と相対速度 $150\text{m}/\text{分}$ 以

上の速度で接触させて該物品を加工する工程を含む、高速加工方法。

13. 請求項1-11の何れかに記載の部品を含む高速切削工具。

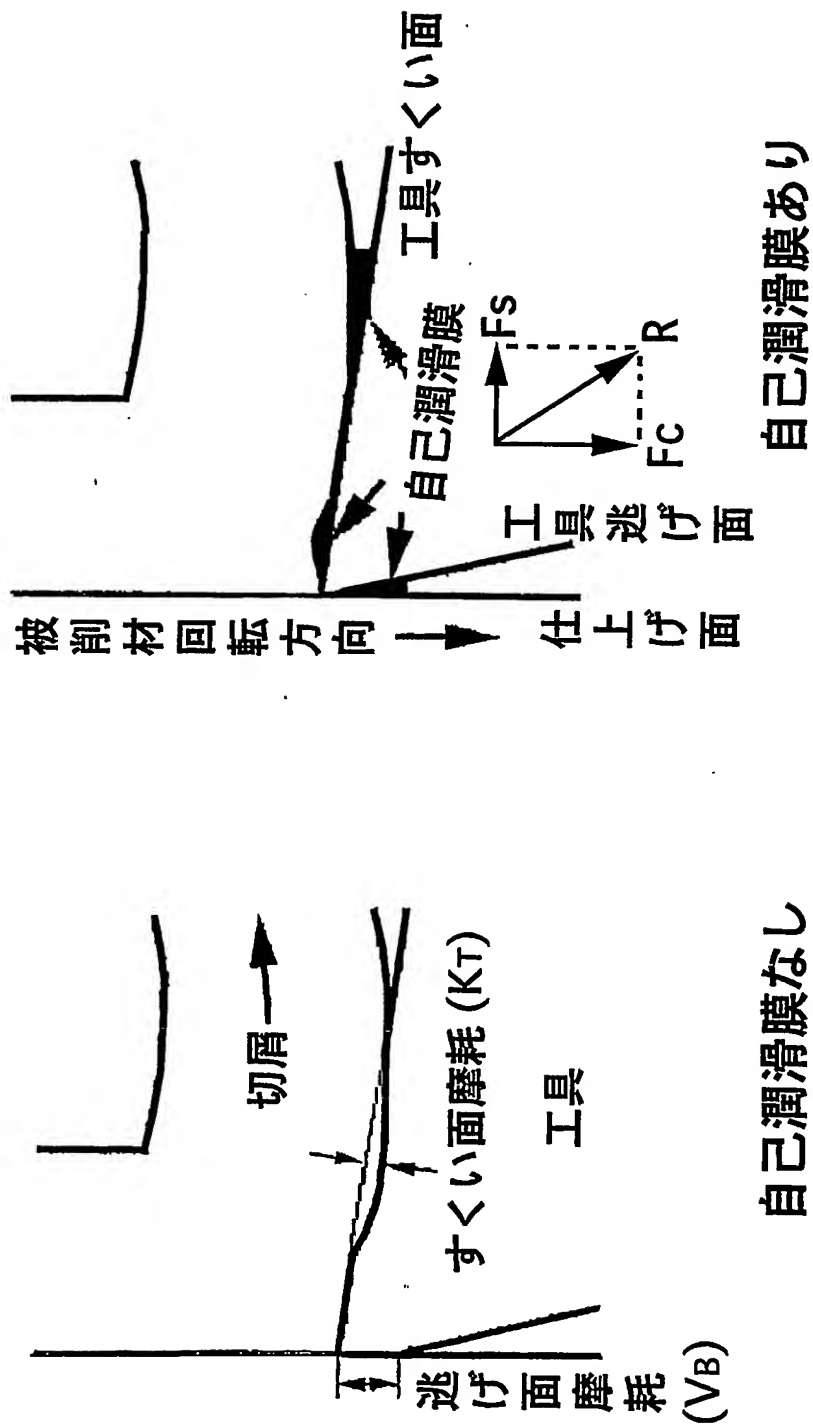
14. 切り込み深さ1.0mm、送り0.1mm/rev、切削速度400m/min、及び切削距離500mの条件で切削を行った後の工具逃げ面の摩耗幅

5 V_B が70 μ m以下である請求項13又は14の高速切削工具。

15. 請求項13又は14に記載の切削工具により、切削油を用いずに切削速度150m/分以上で物品を切削する工程を含む、切削方法。

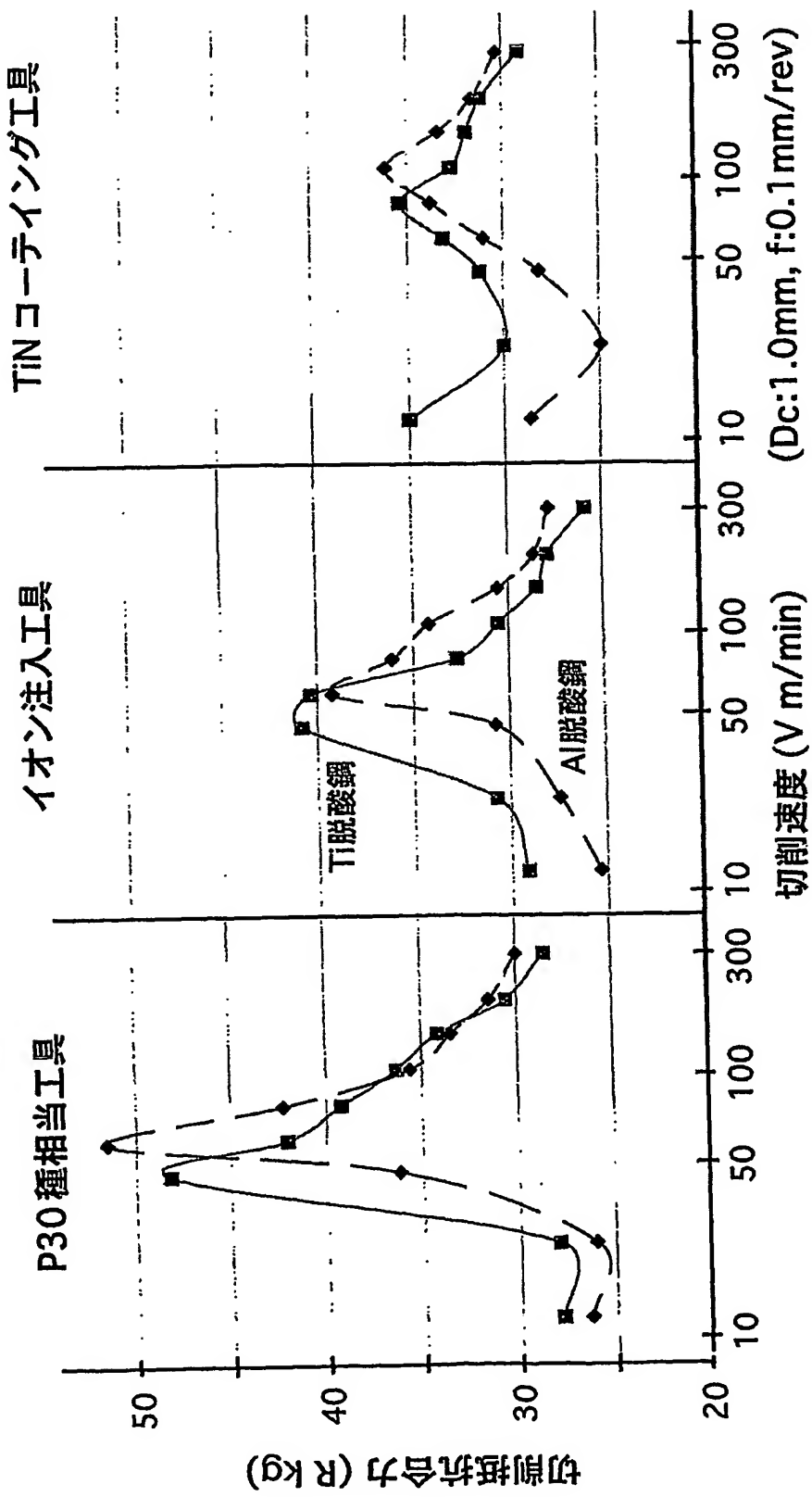
16. 請求項1-6の何れかに記載の部品を被加工材に対して150m/分以上の速度で接触させる工程を含む、高速加工用部品の製造方法。

図 1



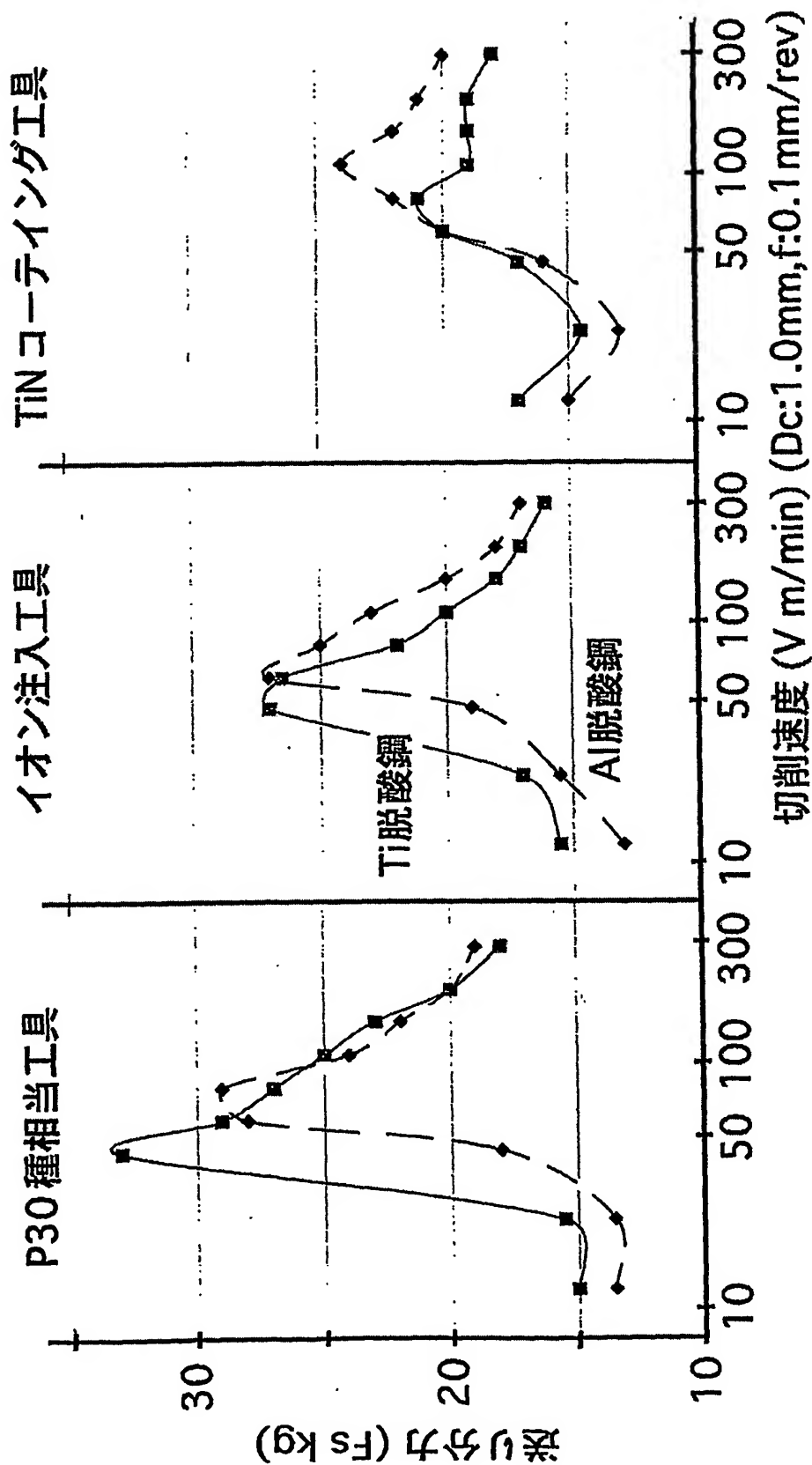
高速切削域における自己潤滑膜の生成状態

図 2



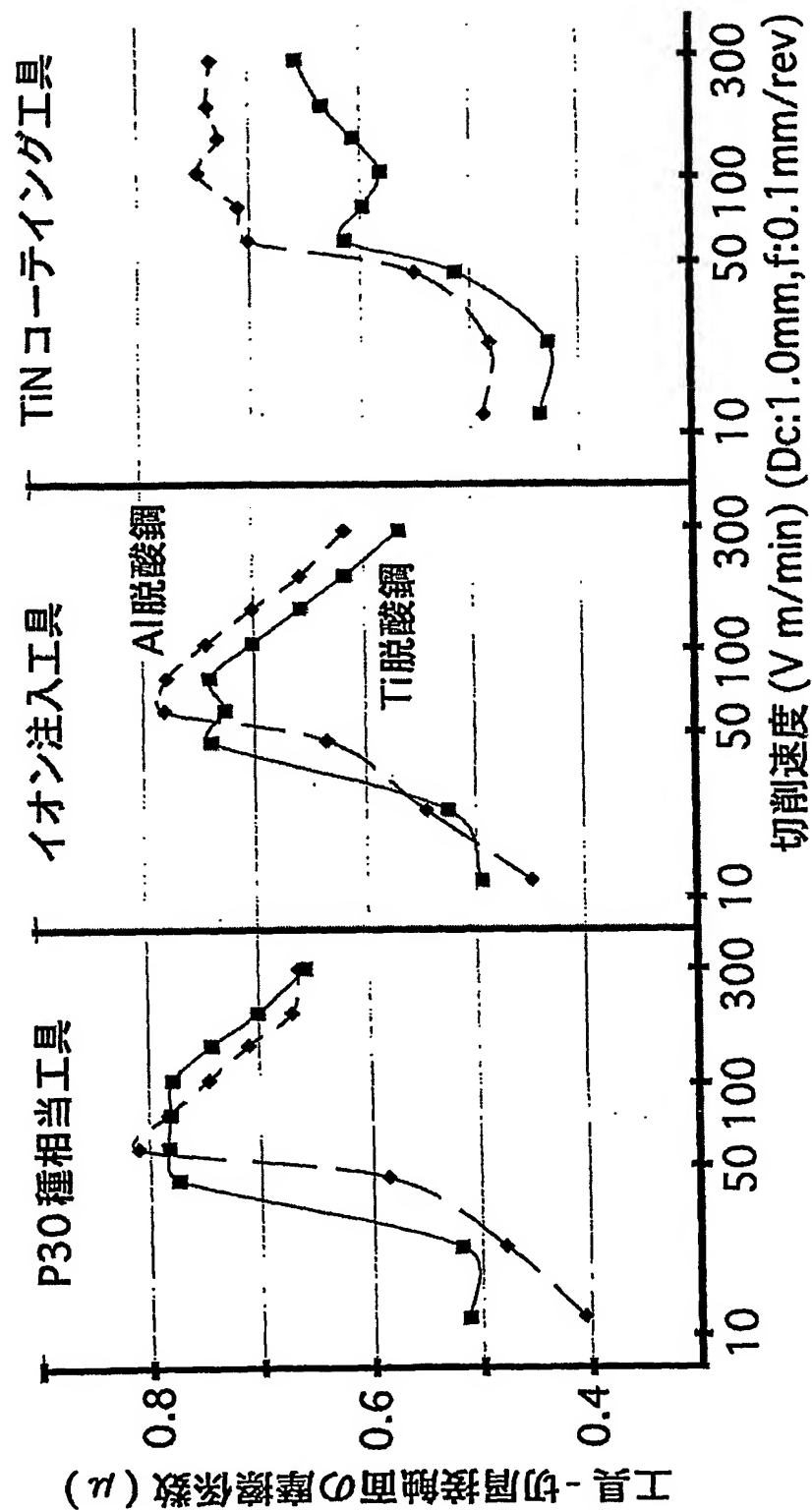
切削抵抗合力と工具材質の関連

図 3



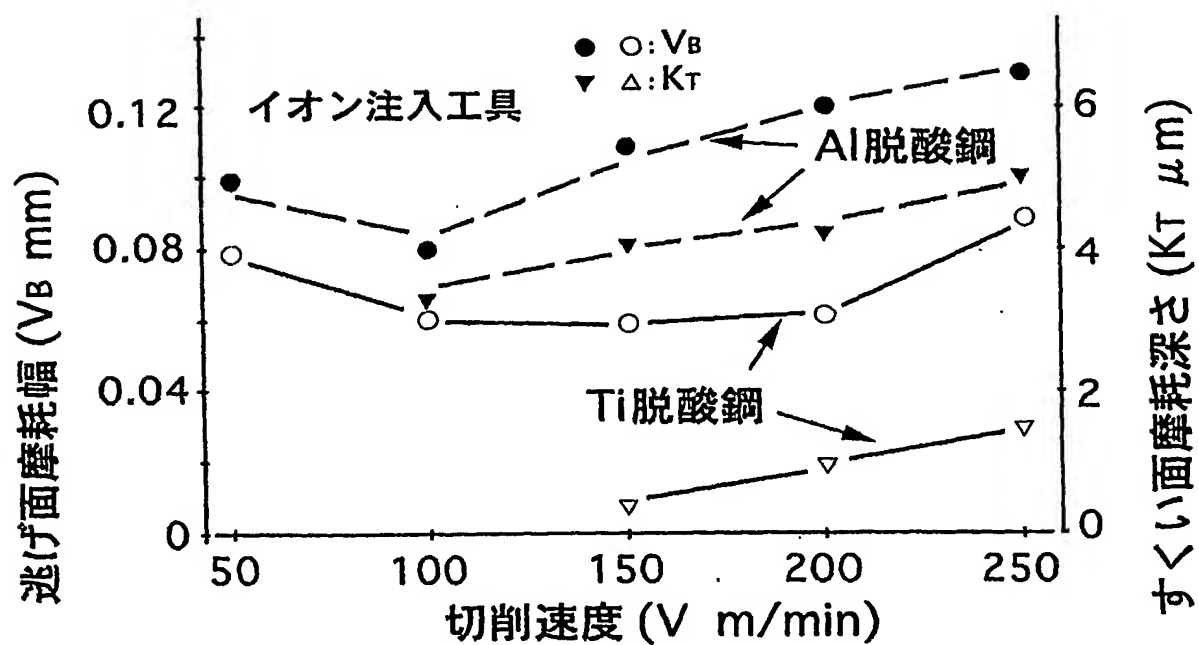
送り分力と工具材質の関連

図 4



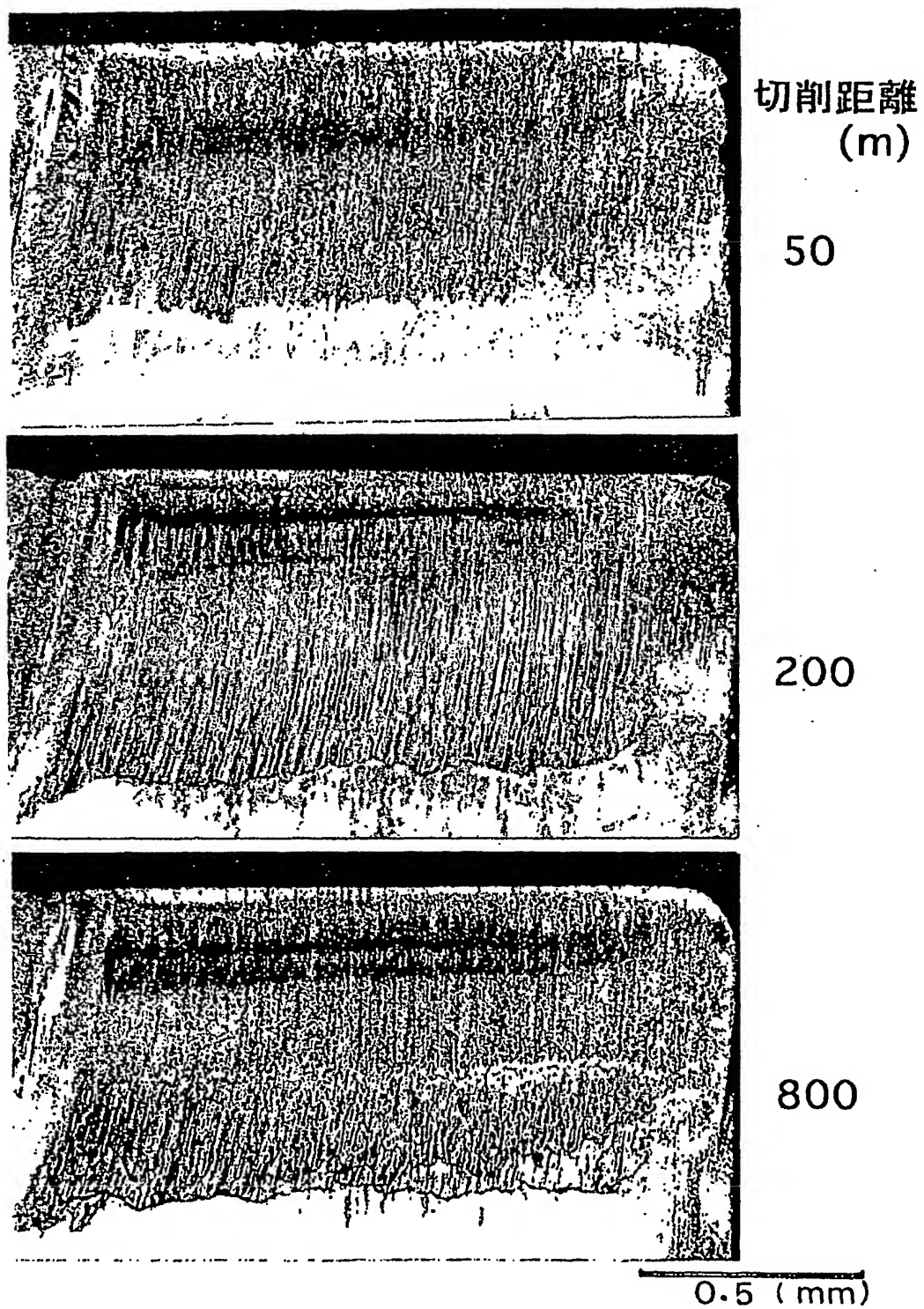
工具 - 切屑接触面の摩擦係数と工具材質との関連

図 5



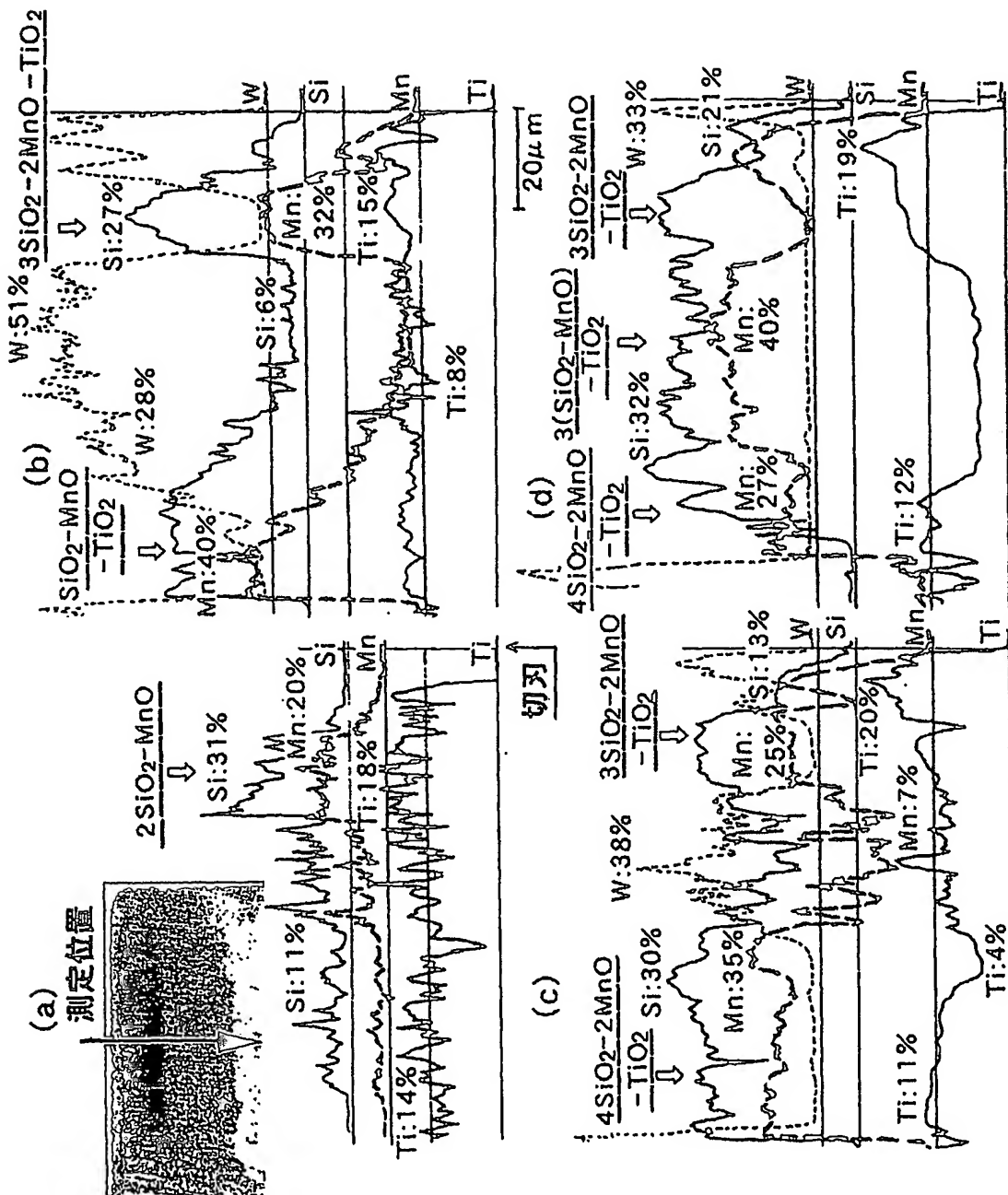
各切削速度域における工具摩耗

図 6



Ti脱酸鋼切削中の自己潤滑膜生成状態

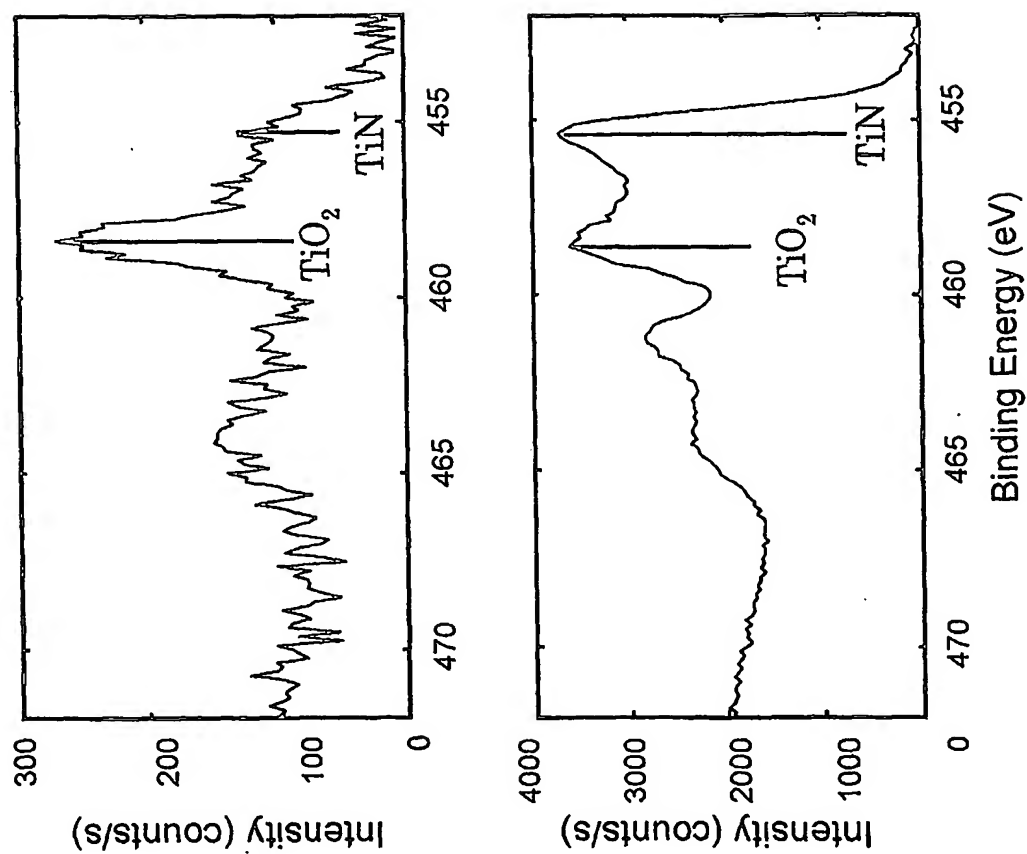
図 7



切削距離 (a):50m, (b):200m, (c):800m, (d)3000m

Ti脱酸鋼切削中の自己潤滑膜組成 (S45C)

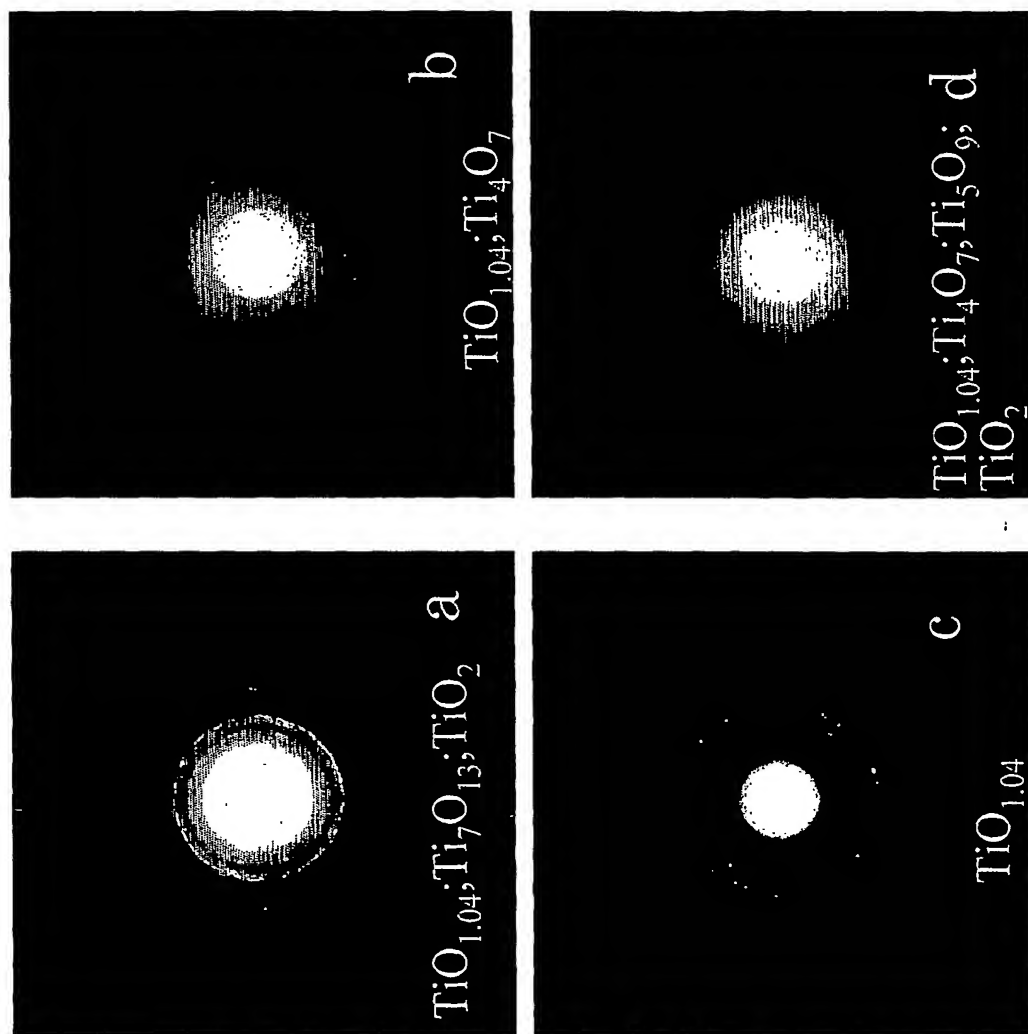
図 8



XPSによる分析結果:

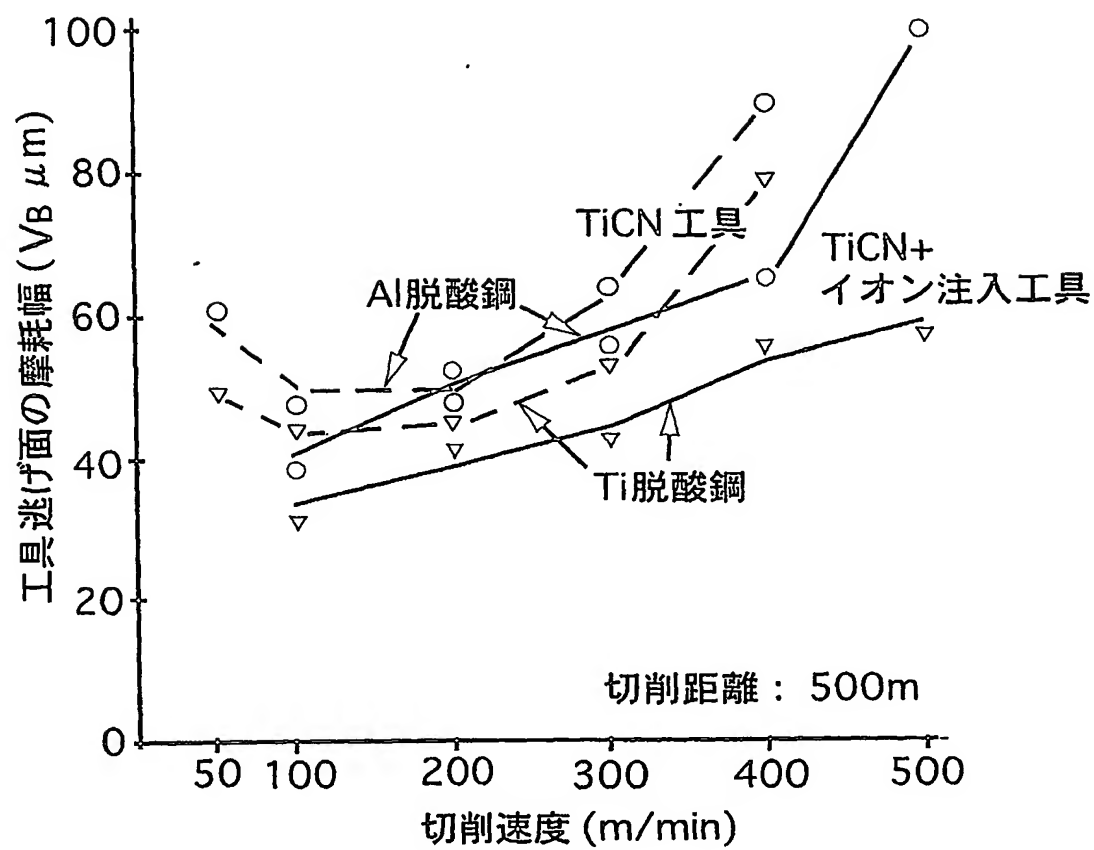
上図: 未注入TiNコーティング工員

下図: Clイオン注入TiNコーティング工員



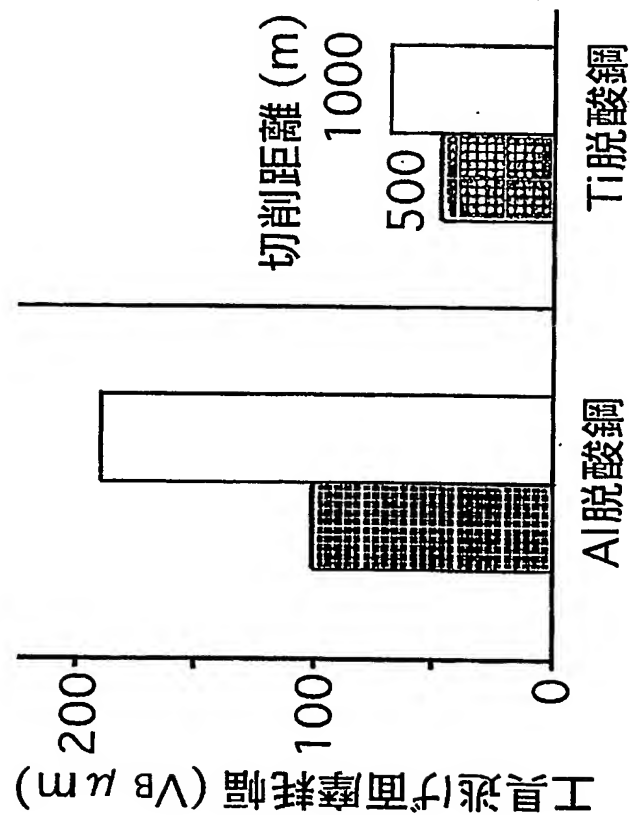
自己潤滑膜成分のSAED分析結果

図 10



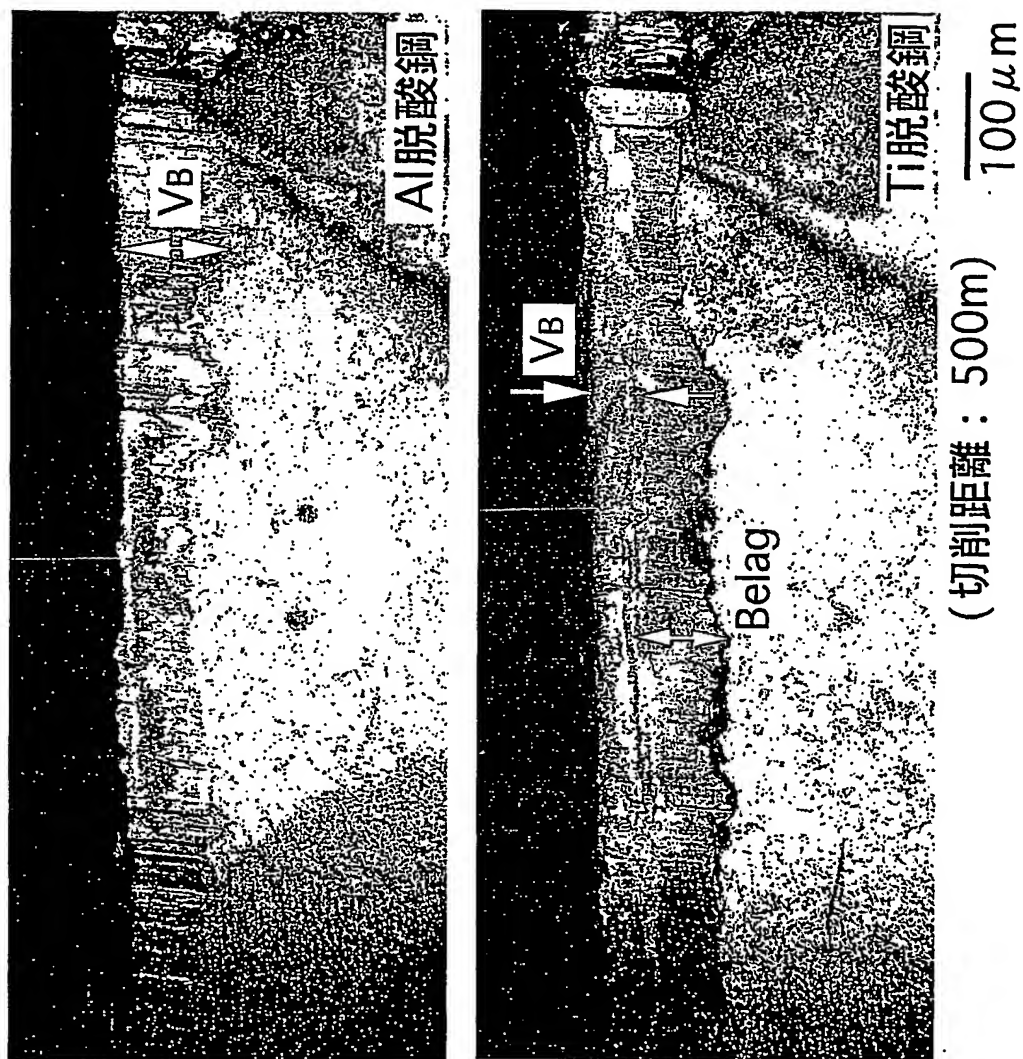
各切削速度域で一定距離切削後の工具逃げ面摩耗幅

図 11



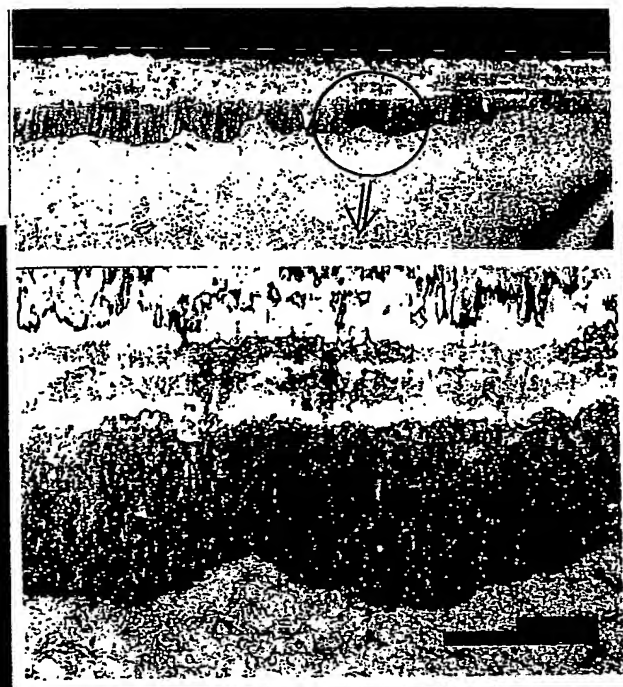
切削速度 500m/minにおける工具逃げ面摩耗幅に及ぼす切削距離の影響

図 12

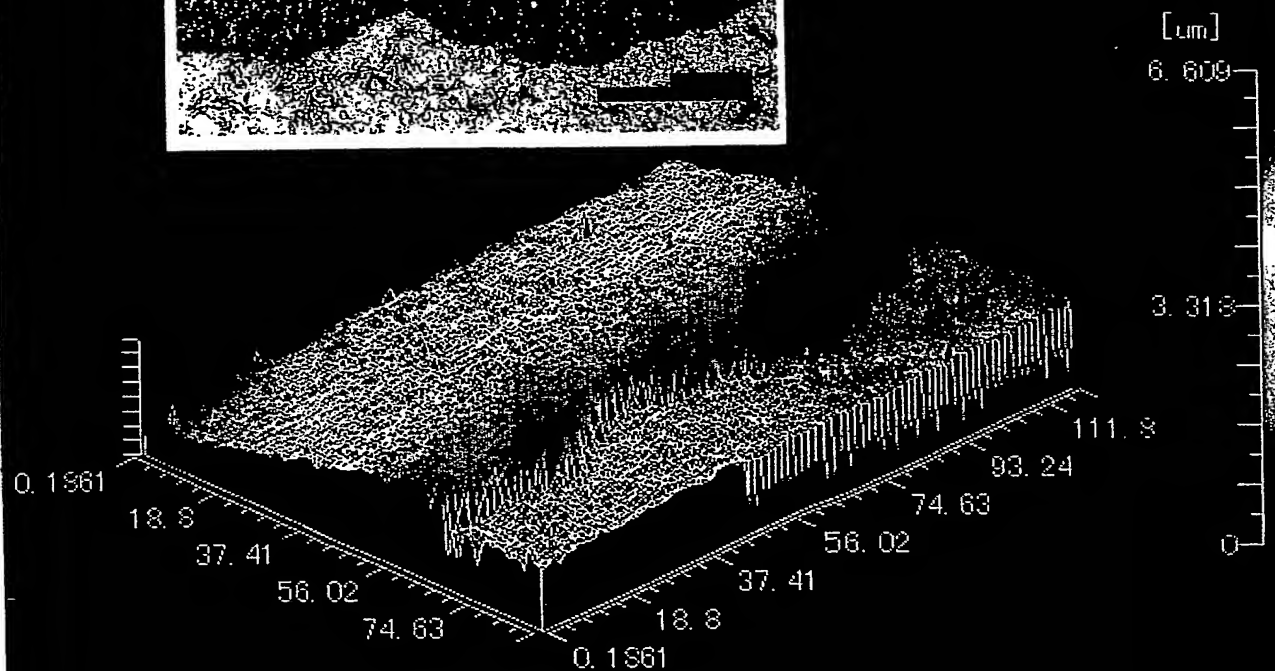


切削速度 500m/min における逃げ面摩耗状態

図 1 3



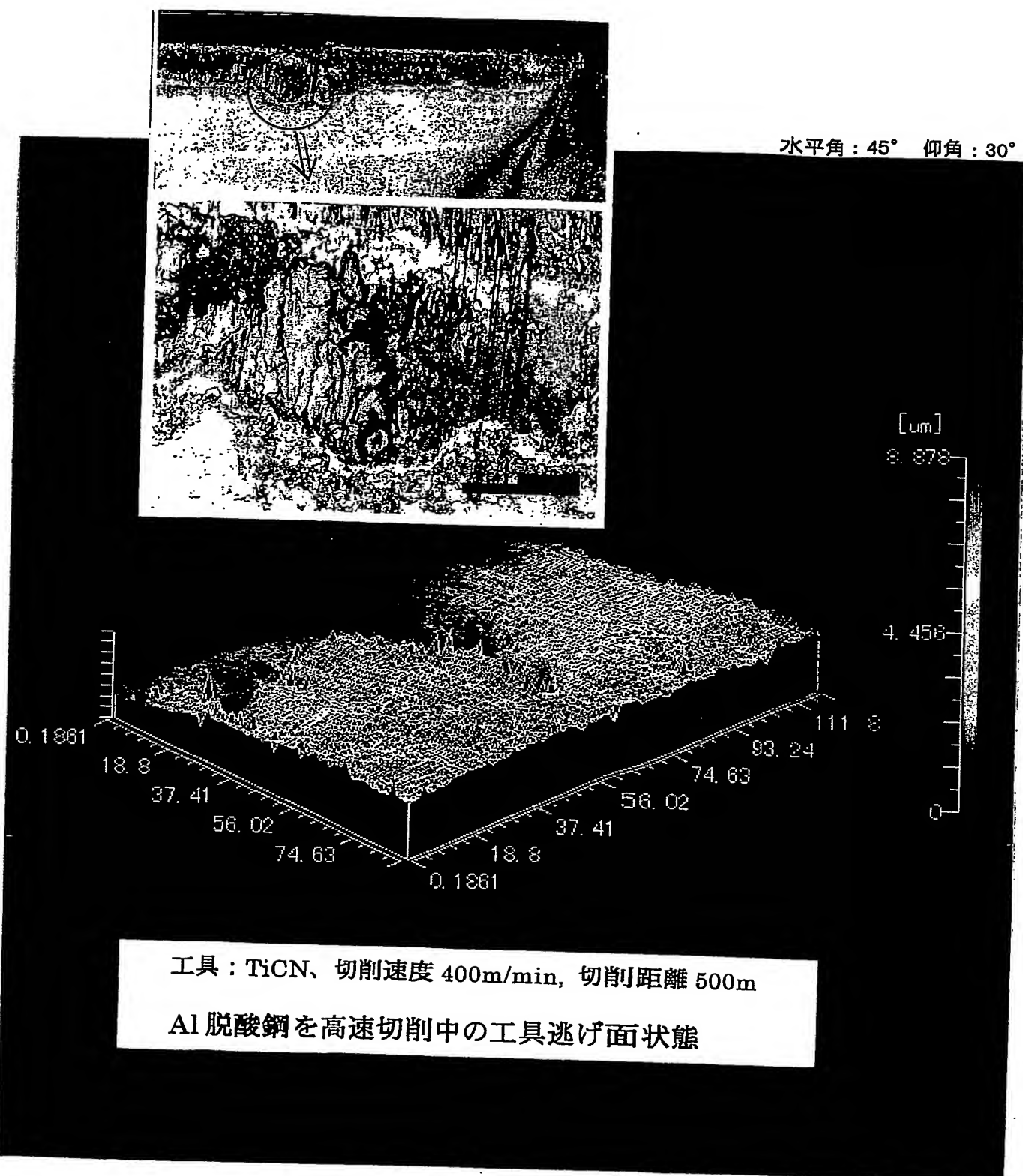
水平角 : 45° 仰角 : 30°



工具 : TiCN+イオン注入、切削速度 400m/min, 切削距離 500m

Ti 脱酸鋼を高速切削中の工具逃げ面状態

図 1 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006142

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B23B27/14, B23C5/16, B23B51/00, C23C14/48

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B23B27/14, B23C5/16, B23B51/00, C23C14/48

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 6-184574 A (Daikin Industries, Ltd.), 05 July, 1994 (05.07.94), Claims (Family: none)	1
X	JP 7-331410 A (Kobe Steel, Ltd.), 19 December, 1995 (19.12.95), Full text (Family: none)	2-16
X	JP 7-26386 A (Kobe Steel, Ltd.), 27 January, 1995 (27.01.95), Full text (Family: none)	2-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 August, 2004 (03.08.04)Date of mailing of the international search report
24 August, 2004 (24.08.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 B 23 B 27/14, B 23 C 5/16, B 23 B 51/00, C 23 C 14/48

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C17 B 23 B 27/14, B 23 C 5/16, B 23 B 51/00, C 23 C 14/48

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996

日本国公開実用新案公報 1971-2004

日本国実用新案登録公報 1996-2004

日本国登録実用新案公報 1994-2004

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 6-184574 A (ダイキン工業株式会社) 199 4. 07. 05, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1
X	J P 7-331410 A (株式会社神戸製鋼所) 199 5. 12. 19, 全文 (ファミリーなし)	2-16
X	J P 7-26386 A (株式会社神戸製鋼所) 1995. 01. 27, 全文 (ファミリーなし)	2-16

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03. 08. 2004

国際調査報告の発送日

24. 8. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

所村 美和

3 C

3 2 1 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3324